

تعیین تولرانس‌های ابعادی برای ساخت قطعات صنعتی لازم است، اما کافی نیست. برای تکمیل شدن اطلاعات نقشه ساخت به تولرانس دیگری به نام **تولرانس هندسی** نیاز است. تولرانس‌های هندسی تحت عنوان GD&T<sup>۱</sup> در دنیا شناخته شده است، که با رعایت موارد آن، قطعات ساخته شده از دقت کافی برخوردار خواهند بود، در حقیقت این مهم‌ترین مزیت تولرانس‌های هندسی است که مقاصد و اهداف طراحان را در کلیه کشورها، یک‌سان می‌کند.



بخش سوم



فصل

برای تولید قطعات این دستگاه تراش مخصوص دقت بالایی لازم است. به همین منظور باید دقیقاً به تولرانس‌های هندسی توجه کرد و سازنده خود را به استفاده از آن‌ها ملزم نماید. در این فصل با تولرانس‌های هندسی و علائم آن در نقشه‌ها آشنا می‌شویم.

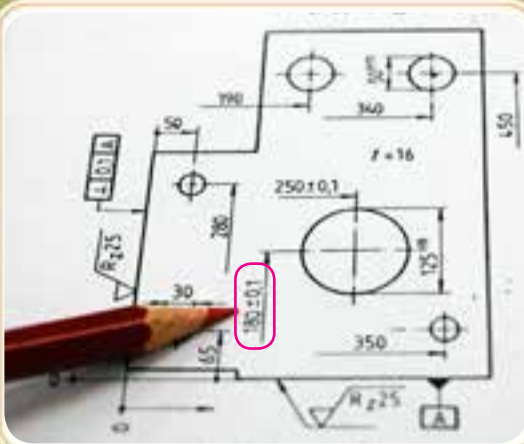
### پس از آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- مفهوم تولرانس هندسی را بیان کند.
- علائم و نمادهای مربوط به انواع تولرانس‌های هندسی را نام ببرد.
- علائم و نمادهای مربوط به انواع تولرانس‌های هندسی را از روی نقشه تفسیر کند.



بررسی و کنترل اندازه‌های یک قطعه توسط دستگاه اندازه‌گیری سه بعدی

شکل-۱



ساخت یک قطعه صنعتی با دقت مطلق، نه امکان پذیر است و نه مقرون به صرفه. به همین جهت اندازه‌ها را، با در نظر گرفتن تolerانس‌های معین و با توجه به نوع کاربرد و به تناسب نیاز می‌سازند. به این ترتیب:

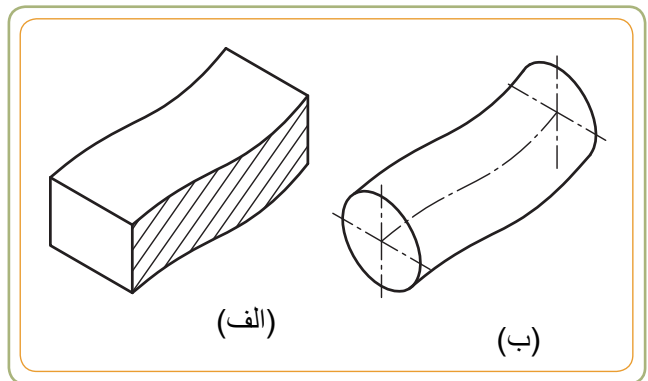
\* تolerانس‌های ابعادی نشانگر اختلاف اندازه‌های طولی مجاز برای ساخت یک قطعه است و این همان تolerانسی است که معمولاً روی نقشه‌های ساخت مشاهده می‌شود و به کار می‌رود (شکل-۱).

در برخی شرایط خاص، تolerانس‌های ابعادی نمی‌توانند به تنهایی شکل‌های مورد نظر را به میزان لازم کنترل نمایند. به دو شکل زیر دقت کنید:

شکل-۲



به نظر شما اگر محور سوراخ‌های مشخص شده (شکل-۲) در یک راستا نباشند و اختلاف محور آن‌ها با مقدار موجود در نقشه مطابقت نکند، چه مشکلی پیش می‌آید؟



این قطعات به لحاظ ابعادی صحیح اند، ولی در هنگام مونتاژ قطعات، ایجاد مشکل می‌نمایند.

در (شکل الف) ضخامت قطعه مربوطه در تمام قسمت‌های آن یکسان است، اما این قطعه تاب دارد.

در (شکل ب) تمامی سطح مقطع‌های قطعه مربوطه مدور هستند، ولی امتداد این قطعه تاب دارد.

هر چند ممکن است این دو قطعه از نظر ابعادی مورد تأیید باشند، اما تحت هیچ شرایط مجازی نمی‌توانند با قطعه دیگری مونتاژ شوند. مشکل این قبیل قطعات را می‌توان با استفاده از تolerانس هندسی برطرف کرد.

امروزه در اغلب نقشه‌های صنعتی از تolerانس‌های هندسی استفاده می‌شود. با به کارگیری تolerانس‌های هندسی:

- ۱- طراح قطعه بهتر می‌تواند جزئیات طرح خود را بیان کند.
- ۲- سازنده قطعه نیز راحت‌تر می‌تواند کلیه مشخصات قطعه کار را دریابد.
- ۳- در هنگام مونتاژ از مشکلات کاسته می‌شود و به حداقل ممکن می‌رسد.

## انحرافات هندسی

هر قطعه ای که ساخته می شود باید وظیفه مشخصی را انجام دهد که برای آن منظور تولید شده است. وظیفه هر قطعه ای معمولاً در مجاورت قطعات دیگر قرار گرفتن برای انجام کار خاصی است. توانایی انجام وظیفه از نظر هندسی به معنی توانایی جفت شدن است.

در تصاویر مقابل اگر هر یک از قطعات تشکیل دهنده آن‌ها، بیشتر از حد مجاز انحراف داشته باشند نمی توانند روی همدیگر جفت شوند یا حرکتی داشته باشند.

بنابراین هر قطعه ای باید طوری تولرانس گذاری شود که بتواند وظایفش را به درستی در طول عمر مورد نظر (در داخل مجموعه به کار رفته) انجام دهد.

## علت ایجاد انحراف‌های هندسی

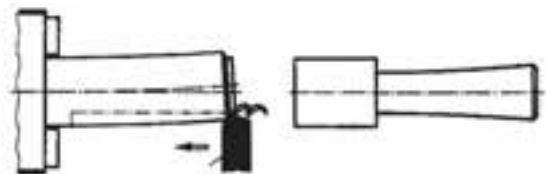
انحراف های شکلی به واسطه مواردی مثل:

- بی دقتی ماشین ها و ابزارها؛
  - اثر نیروی برش توسط ابزارها بر روی قطعه کار؛
  - خطای ماشین کار و ...
- به وجود می آیند.

به دو مثال شکل زیر توجه کنید :

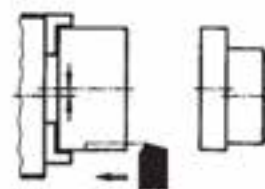
انحراف مدور بودن قطعه تراشکاری در (شکل الف) به یاتاقان بندی محور ماشین وابسته است. انحراف لنگی قطعه تراشکاری در (شکل ب) ناشی از نبودن دقت در فک های سه نظام است. بنابراین ساخت قطعات با شکل دقیق هندسی بدون هیچ گونه خطایی امکان پذیر نیست.

(الف)



انحراف مدور بودن

(ب)



انحراف لنگی

خرد کن دستی



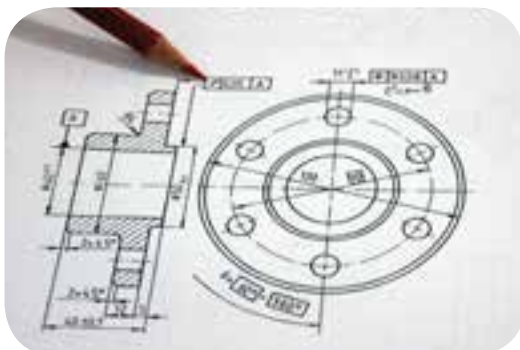
منگنه



فکل درب

لذا طراحان، علاوه بر در نظر گرفتن مواردی مثل کیفیت سطح، تولرانس های ابعادی، انطباقات و ...، انحرافات شکل هندسی را نیز مورد توجه قرار می دهند و در قالب تولرانس های هندسی آن‌ها را به روی نقشه های ساخت به نمایش در می آورند.

با توجه به توضیحات فوق، تولرانس هندسی را به طور ساده تعریف می کنیم: تولرانس هندسی انحراف های مجاز یک شکل هندسی را از فرم و موقعیت ایده آل آن بیان می کند، طوری که قطعه پس از تولید بتواند وظیفه خود را به درستی انجام دهد.



## چند اصطلاح در تولرانس های هندسی

برای درک مطلب مورد بحث در تولرانس های هندسی بهتر است با چند واژه مهم آشنا شویم .

اندازه های روی نقشه ، اندازه اسمی (ایده آل ) تعیین شده توسط طراح است .

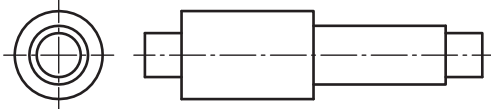
از آنجایی که یک اندازه ایده آل فقط در ذهن وجود دارد، باید پذیرفت که در ساخت و تولید، همیشه اختلافات (انحرافات) بین اندازه فعلی (اندازه ای که پس از تولید به دست می آید) و اندازه مورد نظر طراح (اندازه ایده آل) قابل تصور است. بنابراین تغییراتی ابعادی یا هندسی در اندازه ها و شکل قطعه پس از تولید ، مطابق تصاویر زیر خواهیم داشت که برای آشنایی بهتر با این تغییرات ( در صفحه بعد) با چند واژه آشنا می شویم .

قبل از آن ، به تصاویر زیر نگاه کنید و با ذکر شماره مشخص کنید از نظر شما کدام عبارت سمت چپ مربوط به تصاویر سمت راست است؟

داخل دایره ها را شماره گذاری کنید.

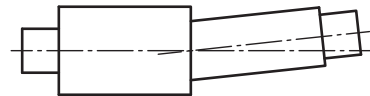


متخصصان اندازه گیری دقیق به کمک دستگاه های پیشرفته و حساس ، اندازه دقیق قطعه را پس از تولید با اندازه مورد نظر طراح که روی نقشه درج شده است ، مقایسه می کنند.



فرم ایده آل مورد نظر طراح قطعه کار:

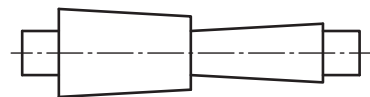
۱- مخروطی تولید شده است.



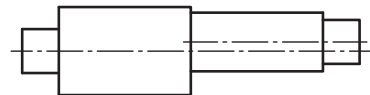
۲- خم شده تولید شده است.



۳- خارج از مرکز تولید شده است.



۴- انحنادار تولید شده است.



## برخی از تعاریف



**طرح اسمی:** از یک طرح که به صورت ایده آل در ذهن طراح قطعه وجود دارد، صحبت می‌کند.

طراح به هنگام اندازه‌گذاری نقشه، یک اندازه اسمی (که عملاً ایده آل و دست نیافتنی است). تعیین می‌کند و سپس با تolerانس‌های مورد نظر، خطای مجاز آن را مشخص می‌نماید.

**اندازه:** یک سوراخ یا میله می‌تواند بزرگ تر یا کوچک تر از اندازه مورد نظر تولید شود.

**فرم:** یک سوراخ یا میله ممکن است خمیده تولید شود، در حالی که وسیله اندازه‌گیری، اندازه قطر آن را به طور صحیح نشان بدهد.

**مکان:** یک سوراخ یا میله ممکن است خارج از مرکز یا کج تولید شود، هر چند وسیله اندازه‌گیری اندازه قطر آن را به طور صحیح نشان بدهد.

**انحراف:** اختلاف بین اندازه موجود (اندازه فعلی) و اندازه اسمی (اندازه ایده آل) را انحراف می‌گوییم.

اندازه فعلی - اندازه اسمی = انحراف

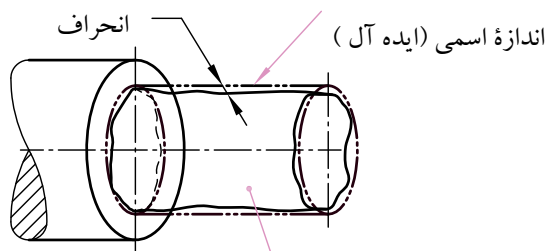
منطقه (ناحیه) تolerانس: فضا و محدوده‌ای که سطح قطعه تولید شده باید درون آن فضا قرار گیرد (در صفحه ۱۶۳ با منطقه تolerانس هندسی بیش تر آشنا می‌شویم)

**انحراف مجاز:** هر انحراف موجود که درون منطقه تolerانس قرار گیرد، انحراف مجاز است که یک اندازه فعلی (اندازه پس از تولید) را نشان می‌دهد.

\* زمانی که انحراف داخل منطقه تolerانس باشد، انحراف مجاز خواهد بود.

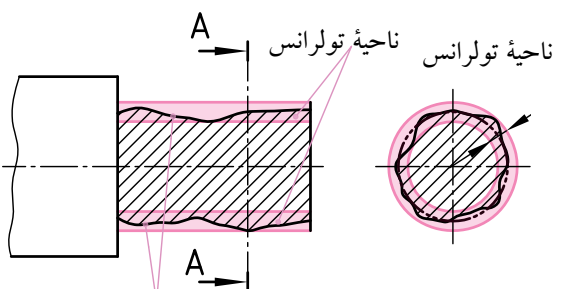
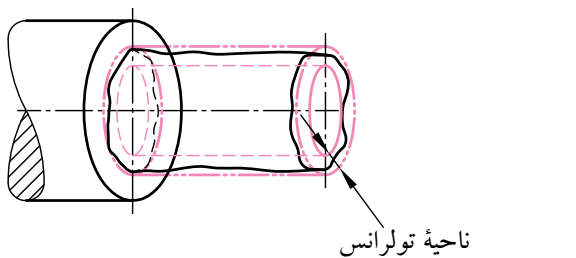
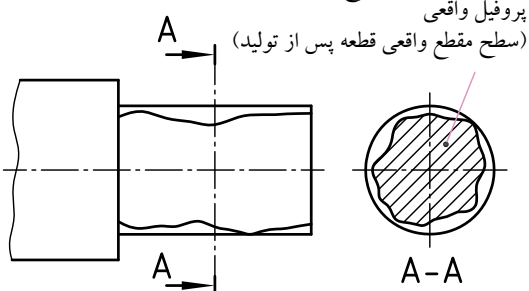
**خطای غیر مجاز:** وقتی انحراف از منطقه (ناحیه) تolerانس خارج شود، آن موقع می‌گوییم خطا وجود دارد.

در صفحه بعد به کمک یک مثال با اصطلاحات و تعاریف فوق بیشتر آشنا می‌شویم.



پروفیل واقعی

سطح واقعی قطعه پس از تولید

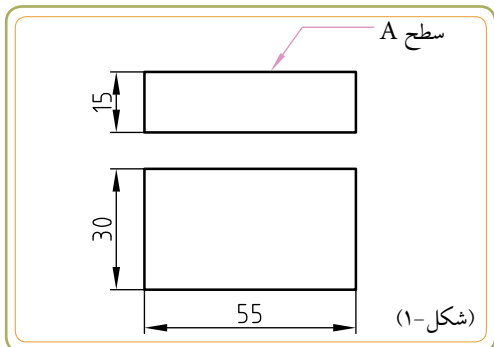


انحراف مجاز (چون داخل ناحیه تolerانس قرار دارد)

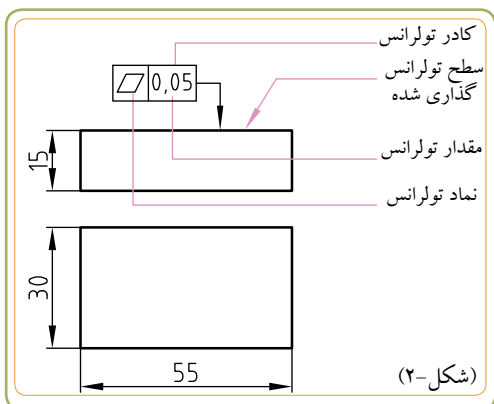
**مثال:** (برای توضیح اصطلاحات و تعاریف)



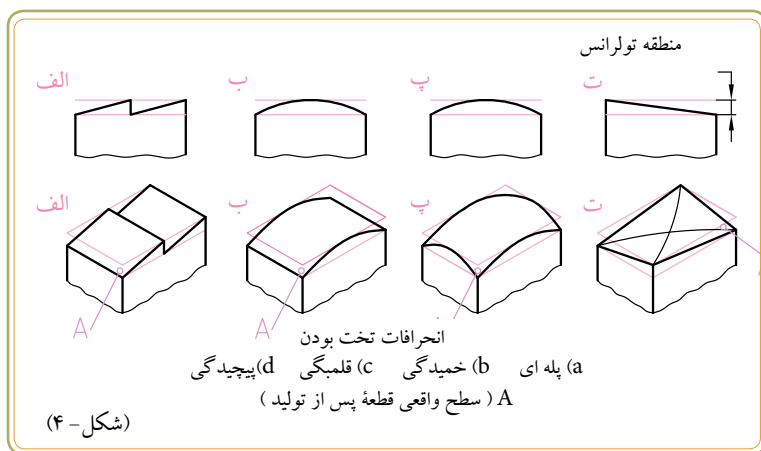
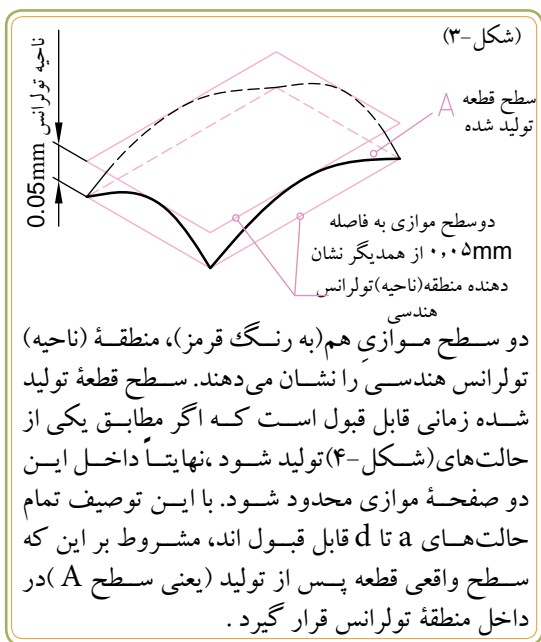
فرض کنید قرار است قطعه ای مکعبی شکل (مطابق نقشه شکل ۱-۱) تولید شود. هدف طراح آن است که سطح A، یک سطح تخت باشد و برای آن مقدار تolerانس  $0,05\text{mm}$  را تعیین می کند. برای این منظور طراح باید مقصود خود را به سازنده کاملاً واضح و شفاف اعلام کند.



لذا طراح مقدار تolerانس (که مقدار  $0,05\text{mm}$  است) را داخل یک مستطیل به نام کادر تolerانس قرار می دهد. او همچنین باید سازنده را مطلع کند که سطح A لازم است تخت باشد. او مفهوم تخت بودن را توسط یک نماد به شکل در داخل کادر تolerانس معرفی می کند. از آنجایی که قطعه پس از تولید ممکن است کاملاً تخت نباشد، برای آن یک منطقه یا ناحیه را تعریف و مشخص می کند که به آن منطقه تolerانس یا ناحیه تolerانس می گویند. (شکل-۳) نکته این که: سطح A وقتی قابل قبول است که پس از تولید در داخل این منطقه (ناحیه) قرار گیرد.



به عبارت ساده تر، سطح تolerانس گذاری شده A (در شکل-۲) فقط در منطقه تolerانسی (شکل-۳)، مجاز به انحراف دلخواه است. (شکل ۴) چند نمونه از انحرافاتی را که ممکن است پس از تولید برای مثال مورد نظر ما پیش بیاید، نشان می دهد.



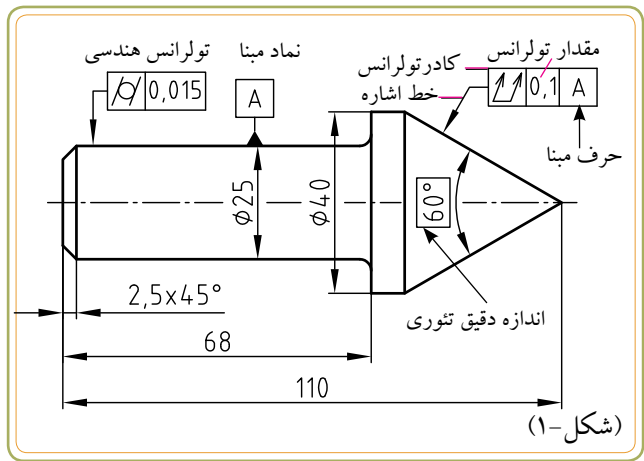
نمایش تolerانس های هندسی بر روی نقشه

مطابق آنچه که در مثال صفحه قبل مطالعه کردیم، برای نمایش تolerانس های هندسی بر روی نقشه باید با پارامترهایی مثل کادر تolerانس، نماد تolerانس، مینا و ... (در شکل ۱-۱) آشنا باشیم، که در ادامه به معرفی هریک از آن ها می پردازیم.

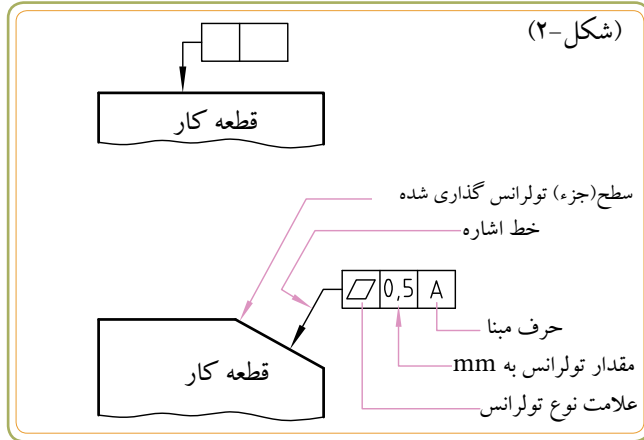
کادر تolerانس

تولرانس های هندسی درون یک کادر نمایش داده می شوند. کادری چهار گوش (مستطیل شکل) و حداقل با دو خانه (مطابق شکل ۲-۲). در اولین خانه از سمت چپ علامت نوع تولرانس قرار می گیرد. در دومین خانه مقدار تولرانس بر حسب میلی متر قرار می گیرد. خانه سوم (یا خانه های بعد از آن) شامل حروف مشخصه لاتین است و از آن ها برای ذکر مینا در تولرانس های هندسی وابسته استفاده می شود. کادر تولرانس با یک خط اشاره به یک فلش (پیکان اندازه) متصل می شود. انتهای فلش عمود بر جزء (سطح) تولرانس گذاری شده قرار می گیرد.

\* در جدول زیر، قسمت های را که با نقطه چین (...) مشخص شده اند، را نام گذاری کنید.



(شکل-۱)



(شکل-۲)

چند مثال از برخی حالت های کادر تولرانس هندسی

\* جهت خط اشاره، با توجه به سطح تولرانس گذاری شده متفاوت (متغیر) خواهد بود.

	<p>تولرانس 0.02 برای طول مشخص و محدود 50mm است</p>	

نماد تولرانس های هندسی

در نقشه های فنی برای تعیین تولرانس های هندسی از نمادهای مطابق جدول استفاده می شود که هر کدام از آنها نشان دهنده وضعیت خاصی است (با ویژگی این نمادها در دو جدول صفحه ۱۶۷ بیشتر آشنا می شوید).

نماد تولرانس های هندسی لنگی		نماد تولرانس های هندسی موقعیت			نمادهای تولرانس های هندسی جهت			نمادهای تولرانس های هندسی فرم						
لنگی کلی	لنگی موضعی	تقارن	هم محوری	وضعیت	زاویه دار بودن	عمود بودن	توازی	شکل هر نوع سطح	شکل هر نوع خط	استوانه ای بودن	دایره ای بودن	تختی (صاف بودن)	راستی (مستقیم بودن)	

فرضاً در قطعه مطابق شکل به کمک نماد تولرانس هندسی می خواهیم عمود بودن سطح ۱ را نسبت به سطح ۲ نشان دهیم. در تولرانس هندسی نشان دادن دو سطح عمود بر هم توسط نماد  $\perp$  مشخص می شود. در نقشه مثال بالا کدام یک از ویژگی های زیر مورد کنترل قرار گرفته است؟  
 (۱) فرم  (۲) جهت  (۳) موقعیت  (۴) لنگی



شکل مقابل قطعه ای را نشان می دهد که توسط دستگاه، تولرانس گردی آن در حال کنترل است. تولرانس گردی جزء کدام دسته از تولرانس های هندسی است؟  
 (۱) فرم  (۲) جهت  (۳) موقعیت  (۴) لنگی





## تولرانس های عمومی

مقدار تولرانس هندسی بر مبنای کاربرد و عملکرد قطعه و براساس استاندارد مربوطه توسط طراح تعیین می شود. در مواردی که مقادیر انحراف اندازه روی نقشه تعیین نشده باشد، می توان برای تعیین انحراف اندازه های مجاز از تولرانس های عمومی کمک گرفت.

طبق استاندارد DIN ISO ۲۷۶۸ در ماشین سازی برای برخی از تولرانس های هندسی مطابق جدول زیر سه درجه در نظر گرفته شده است:

H: تولرانس ظریف (تا متوسط)

K: تولرانس های متوسط (تا خشن)

L: تولرانس های خشن (تا خیلی خشن)

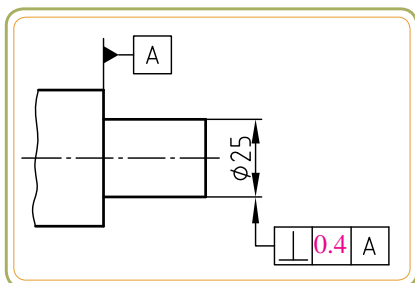
(اندازه ها بر حسب mm)

## جدول تولرانس های عمومی برای برخی از تولرانس های هندسی

درجه ظریف H	محدوده اندازه اسمی	تا ۱۰ mm	از ۱۰ تا ۳۰ mm	از ۳۰ تا ۱۰۰ mm	از ۱۰۰ تا ۳۰۰ mm	از ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ mm	
	$\square$	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴
	$\perp$	۰/۲			۰/۳	۰/۴	۰/۵
	$\equiv$	۰/۵					
	$\nearrow$	۰/۱					

درجه متوسط K	محدوده اندازه اسمی	تا ۱۰ mm	از ۱۰ تا ۳۰ mm	از ۳۰ تا ۱۰۰ mm	از ۱۰۰ تا ۳۰۰ mm	از ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ mm	
	$\square$	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸
	$\perp$	۰/۴			۰/۶	۰/۸	۱/۰
	$\equiv$	۰/۶				۰/۸	۱/۰
	$\nearrow$	۰/۲					

درجه خشن L	محدوده اندازه اسمی	تا ۱۰ mm	از ۱۰ تا ۳۰ mm	از ۳۰ تا ۱۰۰ mm	از ۱۰۰ تا ۳۰۰ mm	از ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ mm	
	$\square$	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۸	۱/۲	۱/۶
	$\perp$	۰/۶			۱/۰	۱/۵	۲/۰
	$\equiv$	۰/۶			۱/۰	۱/۵	۲/۰
	$\nearrow$	۰/۵					



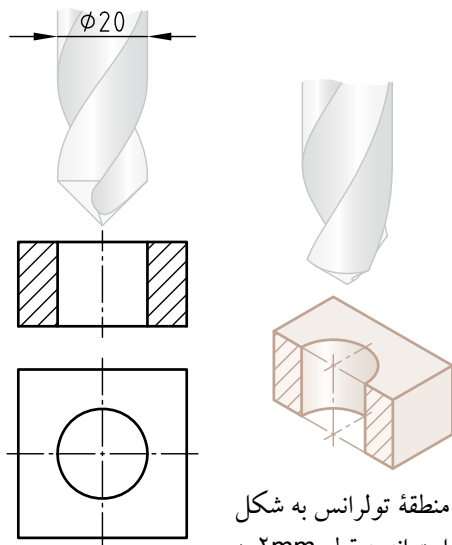
مثال: برای قطعه ای به قطر ۲۵ mm با درجه تولرانس k، مقدار تولرانس تعامد از جدول برابر با ۰/۴ خواهد بود.

**\* منطقه تولرانس**

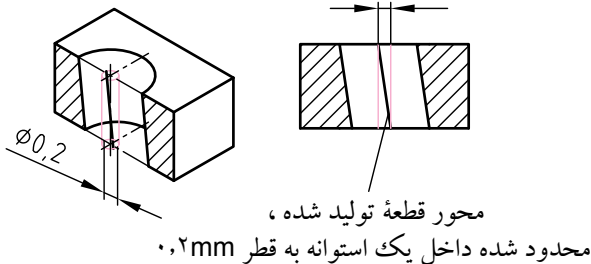
فرض کنیم می خواهیم در قطعه ای، سوراخی به قطر 20mm ایجاد کنیم. از آن جایی که ساخت قطعه با اندازه اسمی به ندرت اتفاق می افتد و احتمالاً محور سوراخ دقیقاً در راستای حرکت محور مته قرار نمی گیرد، طراح ناگزیر است منطقه ای را برای مقدار انحراف محور سوراخ در نظر بگیرد.

هر گاه پس از تولید، مقدار انحراف محور در داخل این منطقه قرار گیرد، قطعه کار قابل قبول است. این منطقه را **منطقه تولرانس** می نامند که با عناوینی همچون: ناحیه تولرانس یا گستره تولرانس نیز نامیده می شود. در مثال مورد نظر ما، منطقه تولرانس (مطابق شکل ۱- استوانه ای به قطر 0.2mm است.

به طور کلی می توان گفت منطقه (ناحیه) تولرانس محدوده ای است که بخش تولرانس گذاری شده قطعه پس از تولید، باید به طور کامل در آن محدوده قرار بگیرد.



منطقه تولرانس به شکل استوانه به قطر 0.2mm

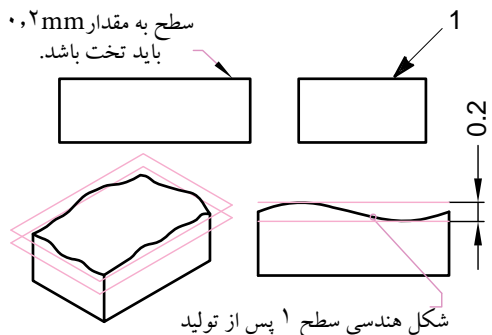


محور قطعه تولید شده، محدود شده داخل یک استوانه به قطر 0.2mm

(شکل ۱-)

**\* شکل منطقه تولرانس**

شکل منطقه تولرانس به شکل قطعه و قسمت مورد کنترل آن بستگی دارد که بر حسب نوع تولرانس هندسی ممکن است مطابق (شکل ۲- به صورت دو صفحه موازی یا مطابق جدول زیر به شکل دایره، کره و ... باشد.



سطح به مقدار 0.2mm باید تخت باشد.

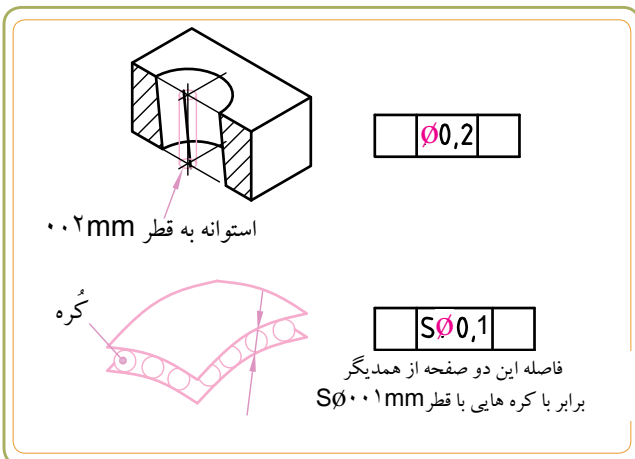
شکل هندسی سطح ۱ پس از تولید این سطح قابل قبول است چون در محدوده تولرانس تعیین شده 0.2mm قرار گرفته است.

(شکل ۲-)

<p>مماس بر کره</p>	<p>بین دو خط موازی</p>	<p>بین دودایره هم مرکز</p>	<p>داخل یا مماس بر دایره</p>
<p>داخل یک متوازی السطوح</p>	<p>بین دو صفحه موازی</p>	<p>بین دو استوانه هم محور</p>	<p>داخل استوانه</p>

**نکته:** اگر منطقه تolerانس هندسی به صورت استوانه‌ای باشد در کادر تolerانس قبل از مقدار تolerانس، نماد  $\emptyset$  قرار می‌گیرد. اگر منطقه تolerانس به صورت گروی باشد در کادر تolerانس قبل از مقدار تolerانس نماد  $S\emptyset$  قرار می‌گیرد.

در جدول زیر به کمک پنج قطعه با برخی از مناطق تolerانس‌های هندسی آشنا می‌شوید.



توضیح		منطقه تolerانس			
نقشه	تفسیر	مقدار تolerانس	ویژگی منطقه تolerانس (باتوجه به نقشه)	تصویر مجسم (منطقه تolerانس)	نما (منطقه تolerانس)
 مثال ۱	انحراف محور قطعه پس از تولید تا حدی قابل قبول است که داخل استوانه‌ای به قطر $0.04\text{mm}$ قرار گیرد.	$0.04$ این مقدار برابر با قطر استوانه مربوط به منطقه تolerانس است.	یک استوانه به قطر $0.04\text{mm}$ است.		شکل محور قطعه پس از تولید
 مثال ۲	انحراف سطح پیرامونی قطعه پس از تولید تا حدی قابل قبول است که در فضای بین دو استوانه هم محور - که فاصله آن‌ها از همدیگر $0.2\text{mm}$ است، قرار گیرد.	$0.2$ این مقدار برابر با فضای بین دو استوانه هم محور به منطقه تolerانس است.	دو استوانه هم محور که فاصله آن‌ها از همدیگر $0.2\text{mm}$ است.		شکل سطح پیرامونی قطعه پس از تولید
 مثال ۳	مقطع جسم باید پس از تولید بین دو دایره هم مرکز به فاصله $0.08\text{mm}$ قرار گیرد.	$0.08$ این مقدار برابر با فضای بین دو دایره هم مرکز به منطقه تolerانس است.	دو دایره هم مرکز که فاصله آن‌ها از همدیگر $0.08\text{mm}$ است.		شکل مقطع قطعه پس از تولید
 مثال ۴	سطح قطعه پس از تولید باید بین دو صفحه موازی که فاصله آن‌ها از هم $0.03\text{mm}$ است قرار بگیرد.	$0.03$ این مقدار برابر با فضای بین دو صفحه موازی به منطقه تolerانس است.	دو سطح تخت و موازی همدیگر که فاصله آن‌ها از همدیگر $0.03\text{mm}$ است.		سطح واقعی قطعه پس از تولید
 مثال ۵	سطح قطعه پس از تولید باید بین دو صفحه انحادار کاملاً موازی که فاصله آن‌ها $0.3\text{mm}$ (قطر کره فرضی) است، قرار گیرد.	$0.3$ این مقدار برابر با فضای بین دو صفحه موازی به منطقه تolerانس است.	دو سطح که فاصله آن‌ها از همدیگر برابر با کره‌هایی به قطر $0.3\text{mm}$ است.		سطح واقعی قطعه پس از تولید

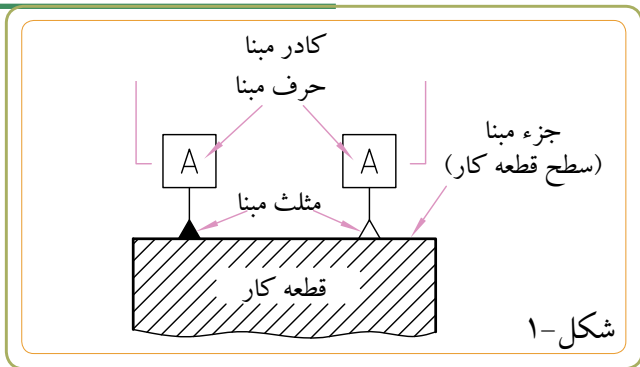
$S$  مخفف Sphere به مفهوم کره و  $S\emptyset 0.1$  به مفهوم کره‌ای به قطر  $0.1\text{mm}$  می‌باشد.

\* مبنا (مرجع)

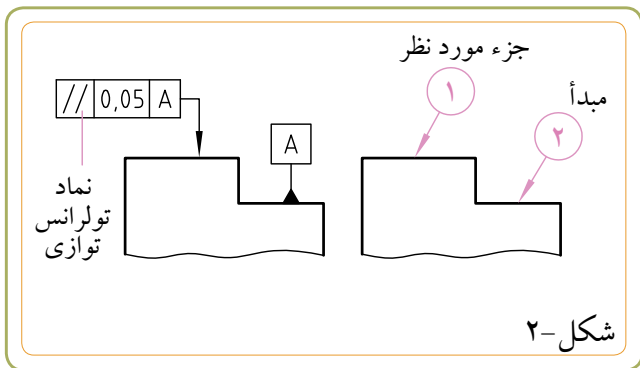
تولرانس های هندسی اغلب نسبت به یک مبنا سنجیده می شوند. معمولاً وقتی که قرار است جزئی نسبت به یک مبنا تولرانس گذاری شود، مبدأ مورد نظر را توسط حروفی معین می کنند (شکل ۱-).

برای مثال، در (شکل ۲-۲) می خوانیم سطح ۱ با سطح ۲ موازی باشد. در این جا سطح ۲ مبنای مقایسه است، بنابراین علامت مبنا را روی سطح ۲ می گذاریم و آن را مبنای A فرض کرده و سطح ۱ را با آن می سنجیم. (علامت تولرانس هندسی را روی سطح ۱ می گذاریم).

سطح ۱؛ سطح مورد نظر برای تولرانس گذاری است که باید حالت موازی بودن آن سطح نسبت به سطح مبنای ۲ سنجیده شود. نماد مبنا (مطابق شکل ۱ و ۲) عبارت است از یک حرف لاتین بزرگ که در داخل یک کادر مربعی شکل درج می شود (معمولاً از حروف اول الفبای انگلیسی استفاده می شود). نماد مبنا و کادر آن توسط یک خط کوتاه و مثلثی (توپر یا تو خالی) به سطح مبنا متصل می شود. (مثلث توپر سیاه در نقشه بهتر رویت می شود)

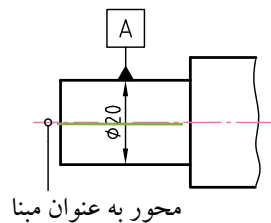
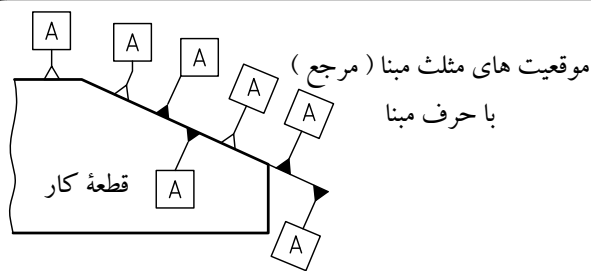


شکل ۱-

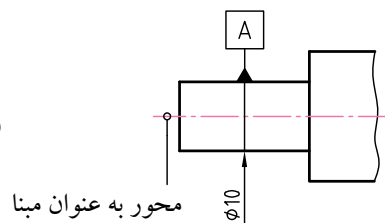


شکل ۲-

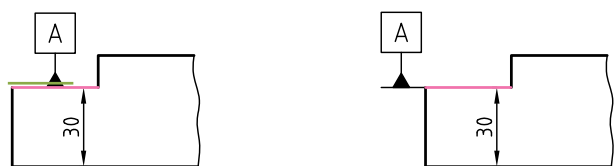
حالت های مشخص کردن سطح مبنا بر روی نقشه



۱- محور به عنوان مبنا  
(چنانچه مثلث مبنا بر روی امتداد خط اندازه قرار گیرد، محور به عنوان مبنا مد نظر خواهد بود).

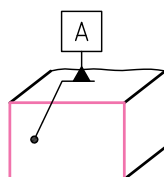


۳- جزء فوقانی (سطح فوقانی قطعه) به عنوان سطح مبنا



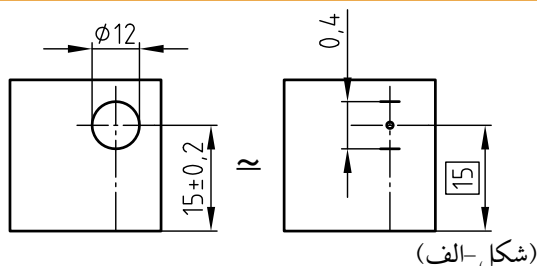
۲- سطح جلویی قطعه

(سطحی که به چشم ناظر نزدیک تر است) به عنوان سطح مبنا



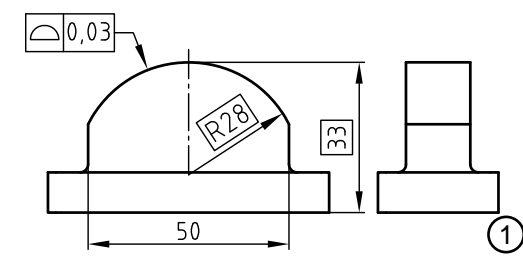
## \* اندازه دقیق تئوری

اندازه دقیق تئوری که به آن اندازه ایده آل نیز می گویند یک اندازه مناسب است که میدان تولرانس نسبت به آن تعیین می شود. اندازه تئوری نشان دهنده موقعیت ایده آل است. برای آن که این اندازه قابل شناسایی باشد، آن را داخل کادر چهار ضلعی ثبت می کنند. ابعادی که در داخل این کادر چهار ضلعی قرار می گیرند مثل  $15$ ، جایگاه حقیقی یا موقعیت دقیق یک بخش را بر روی یک قطعه (مطابق شکل الف) نشان می دهند.

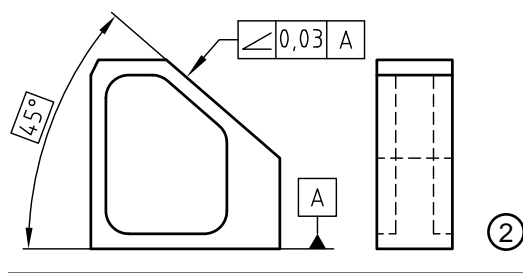


(شکل-الف)

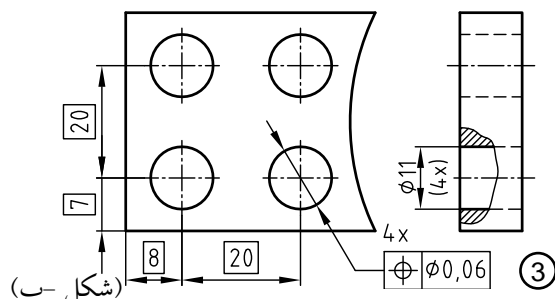
نمایش اندازه دقیق تئوری بر روی تولرانس های هندسی:  
 ۱- پروفیل سطح ۲- شیب دار بودن ۳- موقعیت



①



②

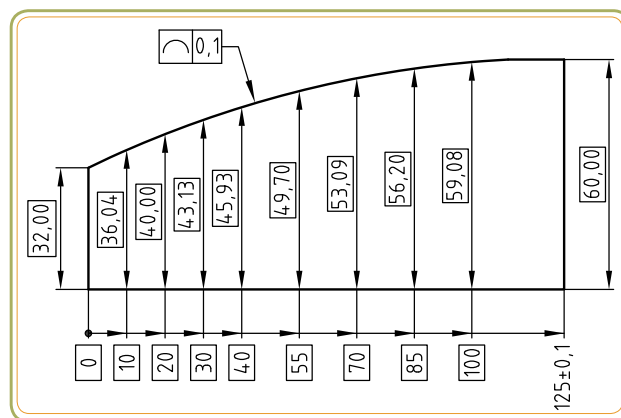


③

(شکل-ب)

اندازه های تئوری برای بیان وضعیت ایده آل هندسی برخی از تولرانس های هندسی به کار می روند. سه تصویر مقابل (شکل ب) کاربرد اندازه دقیق تئوری را برای تولرانس هندسی: ۱- پروفیل سطح، ۲- شیب دار بودن و ۳- موقعیت نشان می دهند.

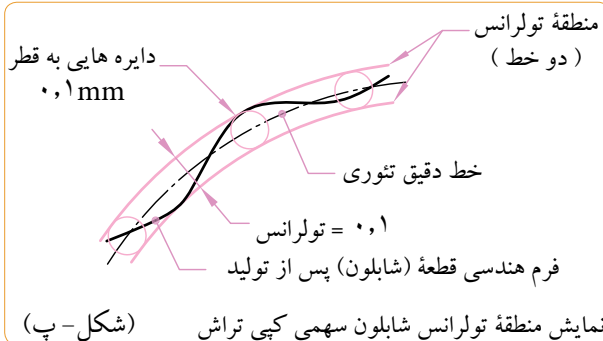
نقشه زیر شابلون سهمی شکل برای کپی تراش را نشان می دهد. شکل دقیق خط لبه شابلون به وسیله اندازه های تئوری مشخص شده اند.



## تفسیر نقشه شابلون

با تولرانس هندسی پروفیل خط  $0.1$  به مقدار  $mm$ ، خواسته می شود که اندازه فعلی لبه شابلون باید بین دو خط (مطابق شکل پ) (که منطقه تولرانس است) قرار گیرد.

به عبارت دیگر، منطقه تولرانس فضای بین دو خط است و فاصله این دو خط از همدیگر برابر با دایره هایی به قطر  $mm$  است.



(شکل-پ)

انواع تورانس های هندسی به همراه نماد آن ها

نماد (علامت)	نام گذاری	ویژگی	نوع تورانس
//	توازی	تورانس های هندسی جهت ، گروهی از تورانس های هندسی هستند که برای کنترل دقت ( توازی ، تعادل و زاویه ) یک قسمت از یک قطعه کار نسبت به یک یا چند محل مبنا به کار می روند. به همین دلیل به این نوع از تورانس ها ، تورانس های هندسی <b>غیر مستقل</b> یا <b>وابسته</b> نیز می گویند.	تورانس موازی تورانس موازی وابسته
⊥	تعامل (عمود بودن)	سه نوع تورانس هندسی وضعیت (مطابق ستون سمت چپ) وجود دارد.	تورانس عمود تورانس عمود وابسته
∠	شیب داشتن (زاویه دار بودن)	* این نوع تورانس ها را در صفحات ۱۷۱ و ۱۷۲ مورد بررسی قرار می دهیم.	تورانس شیب دار تورانس شیب دار وابسته

⊕	وضعیت	تورانس های هندسی موقعیت ، گروهی از تورانس های هندسی هستند که برای بررسی دقت موقعیت یک شکل یا یک قسمت از قطعه کار به کار می روند.	تورانس موقعیت تورانس موقعیت وابسته
⊙	هم محوری (هم مرکزی)	سه نوع تورانس هندسی موقعیت ( مطابق ستون سمت چپ) وجود دارد.	تورانس هم محوری تورانس هم محوری وابسته
≡	تقارن	* این تورانس ها را در صفحات ۱۷۲ و ۱۷۳ مورد بررسی قرار می دهیم .	تورانس تقارن تورانس تقارن وابسته

↗	شعاعی	تورانس های هندسی لنگی ، گروهی از تورانس های هندسی هستند که برای کنترل میزان لنگی سطح یک قطعه کار ملذور نسبت به یک محور مبنا به کار می روند.	تورانس لنگی تورانس لنگی وابسته
	محوری		
↘	شعاعی	دو نوع تورانس لنگی (مطابق ستون سمت چپ) وجود دارد. * این نوع تورانس ها را ، در صفحات ۱۷۴ و ۱۷۵ مورد بررسی قرار می دهیم .	تورانس لنگی تورانس لنگی وابسته
	محوری		

در ادامه ، به کمک ۳۲ مثال و ۱۶ تمرین نقشه خوانی با انواع تورانس های هندسی بیشتر آشنا می شویم.

نماد (علامت)	نام گذاری	ویژگی	نوع تورانس
	راستی (مستقیم بودن)	تورانس های فرم ، گروهی از تورانس های هندسی هستند که برای کنترل ویژگی های شکل ظاهری، نظیر مستقیم بودن ، تخت بودن ، گرد بودن و استوانه ای بودن به کار می روند.	تورانس راستی تورانس مستقیم تورانس تخت تورانس گرد تورانس استوانه ای
	تختی (صاف بودن)	تورانس های فرم ، خطای مجاز یک قسمت از قطعه کار را به تنهایی (نه نسبت به قسمت های دیگر) نشان می دهند.	تورانس تخت
	گردی (دایره ای بودن)	هندسی <b>مستقل</b> یا <b>غیر وابسته</b> نیز می گویند.	تورانس گرد
	استوانه ای (استوانه ای بودن)	چهار نوع تورانس هندسی فرم (مطابق ستون سمت چپ) وجود دارد.	تورانس استوانه ای تورانس استوانه ای وابسته
		* این تورانس ها را در صفحات ۱۶۸ و ۱۶۹ مورد بررسی قرار می دهیم.	تورانس مخروطی تورانس مخروطی وابسته

	شکل هر نوع خط	تورانس های هندسی شکل پروفیل ، گروهی از تورانس های هندسی هستند که برای کنترل ویژگی های شکل هر نوع خط و شکل هر نوع سطح به کار می روند.	تورانس شکل تورانس شکل وابسته
	شکل هر نوع سطح	دو نوع تورانس هندسی شکل پروفیل (مطابق ستون سمت چپ) وجود دارد.	تورانس سطح تورانس سطح وابسته
		* این تورانس ها را در صفحه ۱۷۰ مورد بررسی قرار می دهیم .	تورانس منحنی تورانس منحنی وابسته



### تولرانس مستقیم بودن

تولرانس مستقیم بودن برای محدود کردن انحرافات قطعه از خط مستقیم مورد استفاده قرار می گیرد. علامت تولرانس مستقیم بودن به صورت  $\text{—}$  است.

در نقشه شکل مقابل:  
 نوع تولرانس: مستقیم بودن  
 مقدار تولرانس:  $0,1 \text{ mm}$   
 \* تفسیر: لبه واقعی قطعه باید (بین دو صفحه موازی) که به فاصله  $0,1 \text{ mm}$  از همدیگرند، قرار گیرند.  
 منطقه تولرانس: دو صفحه موازی به فاصله  $0,1 \text{ mm}$  از همدیگر است.

منطقه تولرانس:  
 فضای بین دو صفحه موازی



### تولرانس تخت بودن

تخت بودن معیاری برای سنجش تغییرات نقاط یک سطح است که عمود بر آن سطح، اندازه گیری می شود. علامت تولرانس تخت بودن به صورت  $\square$  است.


در نقشه شکل مقابل:  
 نوع تولرانس: تخت بودن  
 مقدار تولرانس:  $0,02$   
 تفسیر: سطح تولرانس گذاری شده (سطح واقعی) قطعه پس از تولید (باید بین دو صفحه موازی، که فاصله آن ها از همدیگر  $0,02 \text{ mm}$  است، قرار گیرد).  
 منطقه تولرانس: دو صفحه موازی به فاصله  $0,02 \text{ mm}$  است.

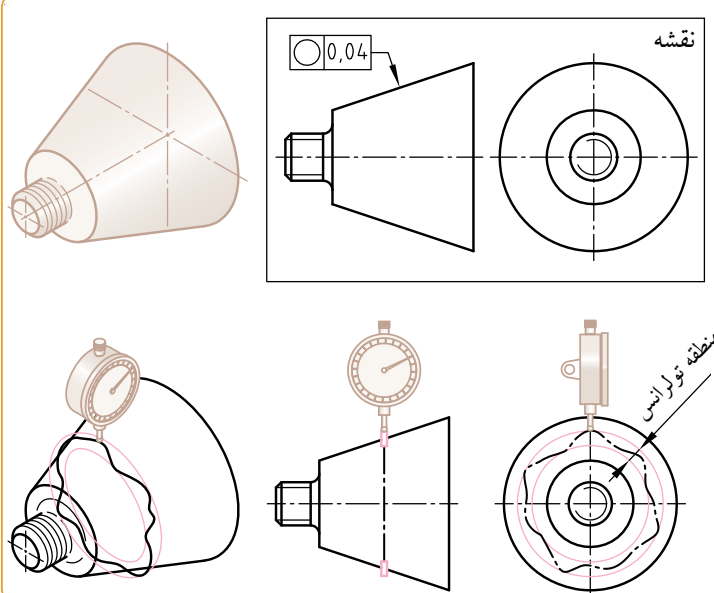
منطقه تولرانس  
 فضای بین دو صفحه موازی

سطح واقعی قطعه تولید شده



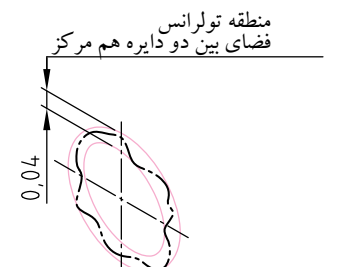
### تولرانس گرد بودن

تولرانس گرد بودن در قطعات مدور مانند استوانه یا مخروط، در یک سطح مقطع عمود بر محور دوران سنجیده می شود. تولرانس هندسی گرد بودن یک منطقه تولرانس محدود به دو دایره هم مرکز را تعریف می کند، به طوری که سطح محصور بین این دو دایره، عمود بر محور دوران قطعه کار قرار داشته باشد. علامت تولرانس گرد بودن به صورت  است.



نقشه


در نقشه شکل مقابل:  
 نوع تولرانس: گرد بودن  
 مقدار تولرانس: ۰,۰۴  
 منطقه تولرانس: فضای بین دو دایره هم مرکز که فاصله آن ها از همدیگر ۰,۰۴ mm است.  
 \*تفسیر:  
 خط پیرامون تولرانس گذاری شده در هر سطح برش (مقطع) عمود بر محور باید بین دو دایره هم مرکز، که فاصله آن ها از همدیگر ۰,۰۴ mm است، قرار گیرد.

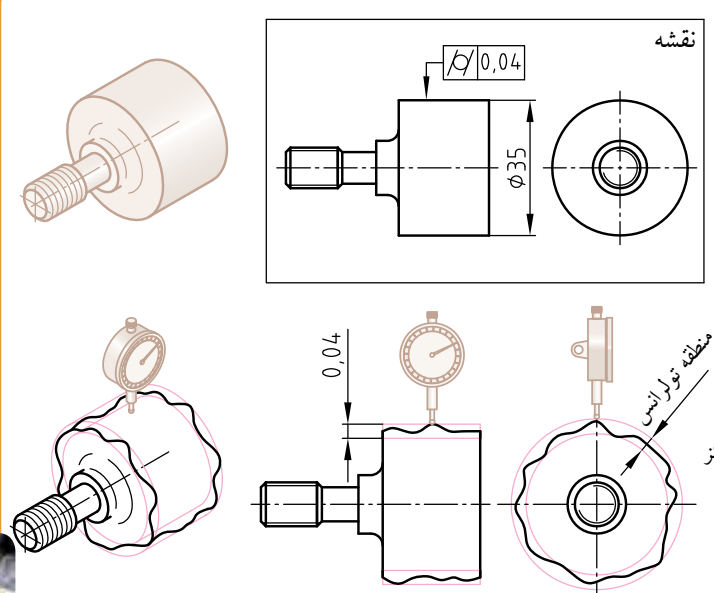


منطقه تولرانس فضای بین دو دایره هم مرکز



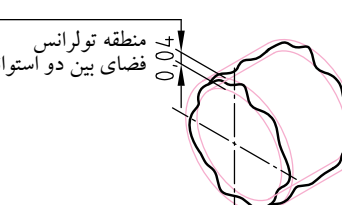
### تولرانس استوانه ای بودن

استوانه ای بودن یک سطح به این معناست که به صورت ایده آل تمام نقاط واقع روی آن، در فاصله مساوی نسبت به یک محور مرکزی قرار داشته باشند. \* علامت تولرانس استوانه ای بودن به صورت  است.



نقشه

در نقشه شکل مقابل:  
 نوع تولرانس: استوانه ای بودن  
 مقدار تولرانس: ۰,۰۴  
 \*تفسیر:  
 سطح پیرامون تولرانس گذاری شده استوانه (قطر ۳۵) باید بین دو استوانه هم محور که به فاصله ۰,۰۴ mm از همدیگرند، قرار گیرد.  
 منطقه تولرانس: فضای بین دو استوانه هم محور با قطعه کار، که فاصله آن ها از همدیگر برابر با ۰,۰۴ (مقدار تولرانس) است. تمام سطوح قطعه کار پس از تولید باید در این فضا قرار گیرد.



منطقه تولرانس فضای بین دو استوانه هم مرکز







### تولرانس هندسی شکل یک خط:

تولرانس هندسی شکل یک خط، یک منطقه تولرانس دو بعدی را تعریف می کند که در طول قطعه کار قرار می گیرد. به عبارت دیگر منطقه تولرانس در راستای شکل مورد نظر قرار گرفته است. علامت تولرانس هندسی شکل یک خط به صورت است.

پروفیل واقعی بین دو خط به فاصله  $0.06 \text{ mm}$  قرار گرفته است.

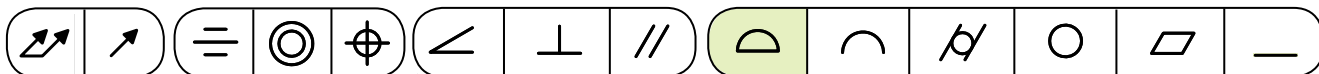
در نقشه شکل مقابل:  
نوع تولرانس: شکل یک خط  
مقدار تولرانس:  $0.06$

\* تفسیر:  
پروفیل تولرانس گذاری شده باید بین دو خط - که فاصله این دو خط توسط دایره هایی به قطر  $0.06 \text{ mm}$  از همدیگر محدود شده است - قرار گیرد. مرکز این دایره ها روی پروفیل ایده آل قرار دارد.  
منطقه تولرانس: دو خط موازی، که فاصله بین آن ها توسط دایره هایی به قطر  $0.06 \text{ mm}$  محدود شده است.

دایره هایی به قطر  $0.06 \text{ mm}$

پروفیل واقعی

منطقه تولرانس



### تولرانس هندسی شکل یک سطح (هر نوع سطح)

تولرانس هندسی شکل یک سطح (هر نوع سطح) یک منطقه تولرانس سه بعدی را تعریف می کند که بر روی تمام سطح قطعه کار قرار می گیرد. به عبارت دیگر منطقه تولرانس تمام طول و عرض قطعه کار را پوشش می دهد. علامت تولرانس هندسی شکل یک سطح به صورت است.

سطح واقعی قطعه بین دو صفحه قرار می گیرد.

در نقشه شکل مقابل:  
نوع تولرانس: شکل یک سطح  
مقدار تولرانس:  $0.03$

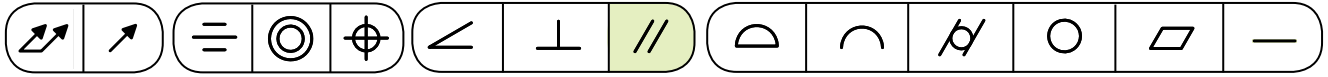
تفسیر: سطح تولرانس گذاری شده باید بین دو سطح، که فاصله آن ها از یکدیگر توسط کره هایی به قطر  $0.03 \text{ mm}$  است، قرار گیرد. مرکز کره ها بر روی سطح ایده آل هندسی قرار دارد.  
منطقه تولرانس: دو صفحه موازی که فاصله آن ها از همدیگر به اندازه کره هایی به قطر  $0.03 \text{ mm}$  است.

کره هایی به قطر  $0.03 \text{ mm}$

سطح تئوری

منطقه تولرانس: دو سطح

مرکز کره ها روی سطح تئوری (ایده آل) قرار می گیرند



**تولرانس هندسی توازی**

تولرانس هندسی توازی، مشخص می کند که یک جزء از یک خط یا یک سطح تا چه حد با یک محور یا یک صفحه مبنای موازی است. علامت تولرانس هندسی توازی به صورت  $\parallel$  است.

نقشه

محور مبنای A  
برای سوراخ  $\varnothing 10$

محور مبنای A  
محور واقعی سوراخ با قطر  $\varnothing 6$

محور مبنای A  
برای سوراخ  $\varnothing 10$

در نقشه شکل مقابل:

نوع تولرانس: توازی

مقدار تولرانس:  $0,02$

تفسیر:

محور سوراخ تولرانس گذاری شده ( $\varnothing 6$ ) باید بین دو صفحه موازی به فاصله  $0,02$  از همدیگر و موازی با محور مبنای A (محور سوراخ قطر  $10$ ) قرار گیرد.

منطقه تولرانس: دو صفحه موازی به فاصله  $0,02$  mm



**تولرانس هندسی تعامد**

تولرانس هندسی تعامد، یک منطقه تولرانسی را تعریف می کند که عمود بر یک محل مبنای یا یک محور مبنای قرار می گیرد. علامت این نوع تولرانس هندسی به صورت  $\perp$  است.

نقشه

محور مبنای A  
سوراخ  $\varnothing 6$

محور مبنای A  
محور واقعی سوراخ  $\varnothing 5$

محور مبنای A  
سوراخ  $\varnothing 6$

در نقشه شکل مقابل:

نوع تولرانس: تعامد

مقدار تولرانس:  $0,03$

تفسیر:

محور تولرانس گذاری (سوراخ  $\varnothing 5$ ) باید بین دو صفحه - که فاصله آن ها از همدیگر  $0,03$  و عمود بر محور مبنای A (محور سوراخ قطر  $6$ ) است- قرار گیرد.

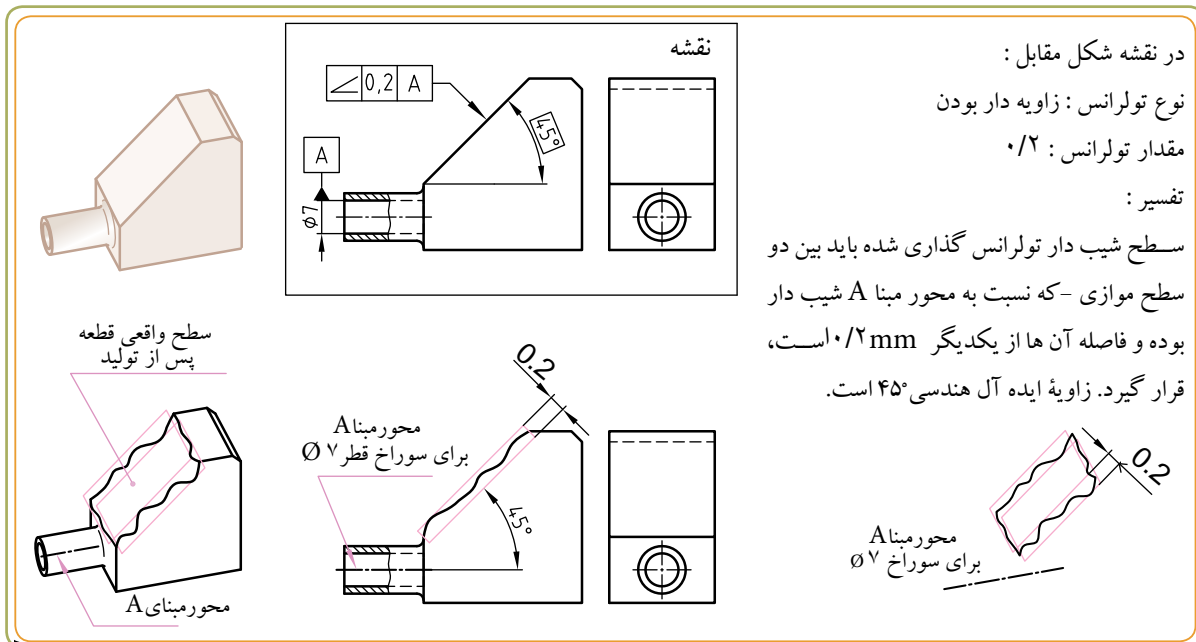
منطقه تولرانس:

دو صفحه موازی به فاصله  $0,03$  mm



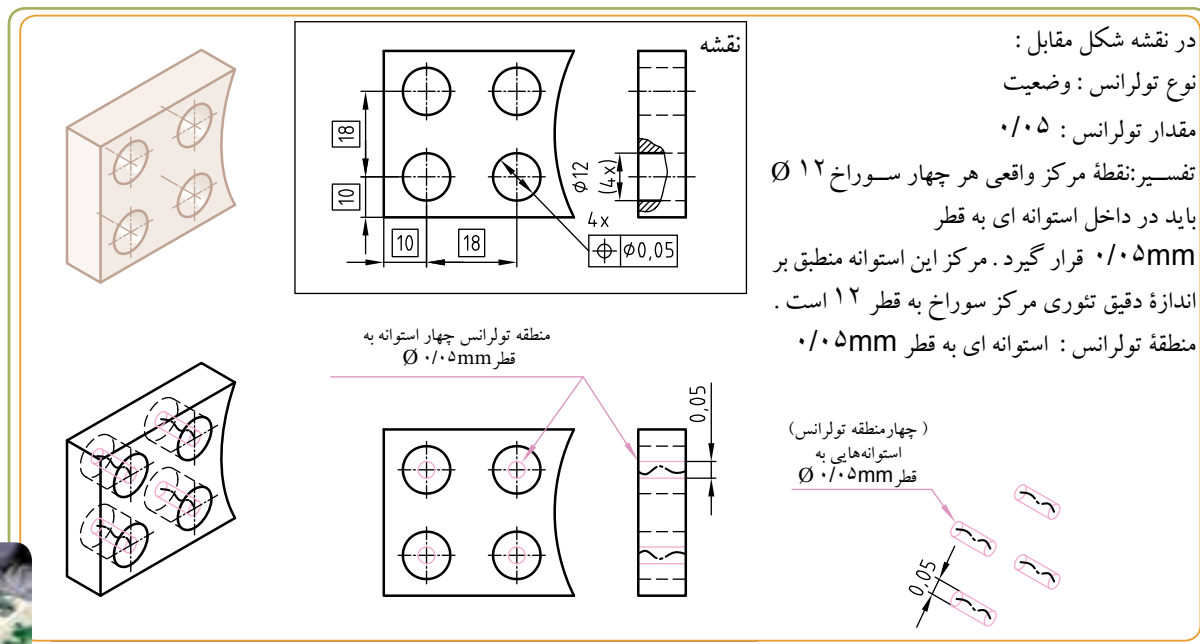
### تولرانس هندسی زاویه دار بودن

تولرانس هندسی زاویه دار بودن برای بررسی وضعیت یک سطح یا محور از قطعه کار که با زاویه خاص (به جزء  $90^\circ$ ) نسبت به یک محل مبنا قرار گرفته است، به کار می رود. علامت این نوع تولرانس هندسی به صورت  $\nabla$  است.



### تولرانس هندسی وضعیت

در اندازه گذاری یک نقشه، اندازه اصلی، موقعیت حقیقی یک شکل را نسبت به یک یا چند سطح مبنا بیان می کند. تولرانس هندسی وضعیت تعیین می کند که تا چه اندازه یک شکل یا یک محور می تواند نسبت به موقعیت حقیقی خود منحرف شود. بنا بر تعریف، وضعیت یعنی چگونگی قرار گرفتن یک جزء از یک قطعه. مثلاً در شکل زیر محور هر چهار سوراخ به قطر  $12$  را نسبت به لبه های قطعه کار، وضعیت محور آن سوراخ ها می گویند. علامت تولرانس هندسی وضعیت به صورت  $\oplus$  است.





### تولرانس هندسی هم محوری (هم مرکزی)

تولرانس هندسی هم محوری (هم مرکزی)، ارتباط بین محورهای دوران دو یا چند شکل استوانه ای را تعریف می کند. تولرانس هم محوری شامل: راست بودن، استوانه ای بودن و دایره ای بودن است. علامت تولرانس هندسی هم محوری به صورت است.

نقشه

منطقه تولرانس

منطقه تولرانس: استوانه ای به قطر 0.02 mm

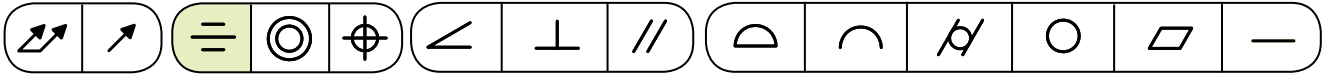
در نقشه شکل مقابل:

نوع تولرانس: هم محوری (هم مرکزی)

مقدار تولرانس: 0.02

منطقه تولرانس: استوانه ای به قطر 0.02 mm محور مرکزی این استوانه منطبق بر محور مبنای A است.

تفسیر: محور استوانه تولرانس گذاری شده (استوانه 12) باید در داخل استوانه ای به قطر 0.02 mm (که این استوانه 0.02 mm باید هم محور نسبت به محور مبنای A باشد) قرار گیرد.



### تولرانس هندسی تقارن

در مواقعی که بخواهیم حالت قرینه بودن یک شکل را نسبت به محور خود آن شکل یا شکل دیگری تعریف کنیم، می توانیم از تولرانس هندسی تقارن استفاده کنیم. علامت تولرانس هندسی تقارن به صورت است.

نقشه

منطقه تولرانس

منطقه تولرانس: فضای بین دو صفحه موازی

در نقشه شکل مقابل:

نوع تولرانس: تقارن

مقدار تولرانس: 0.2

مساحت بین دو صفحه موازی (یا دو خط موازی) که به صورت متقارن در اطراف صفحه مبنای قرار گرفته اند.

تفسیر:

صفحه میانی تولرانس گذاری شده شیار با پهنای 9 mm، باید بین دو سطح موازی و با فاصله 0.2 mm از همدیگر (که نسبت به صفحه میانی مبنای A متقارن باشد) قرار گیرد.



### تولرانس هندسی لنگی مقطعی (شعاعی)

تولرانس هندسی لنگی مقطعی (شعاعی) میزان گرد بودن یک سطح مقطع از قطعه کار و میزان لنگی آن را نسبت به یک محور مبنا اندازه می‌گیرد. علامت تولرانس هندسی لنگی مقطعی (شعاعی) به صورت است.

ساعت اندازه گیر یک حلقه دایره‌ای از همان تولرانس گذاری شده را کنترل می‌کند. علامت نمایانگر یک ساعت اندازه گیر است.

نقشه

در نقشه شکل مقابل برای کنترل قطعه، شاخص اندازه گیر، عمود بر محور مبنا قرار می‌گیرد.  
نوع تولرانس: لنگی مقطعی (شعاعی)  
مقدار تولرانس: 0.04  
مقدار تولرانس لنگی که در کادر تولرانس مشخص می‌شود، حداکثر مقدار مجاز حرکت ساعت اندازه گیر در روی قطعه را در حالی که قطعه کار در دور محور مبنا ۳۶۰ بچرخد (و ساعت بدون حرکت باشد) معین می‌کند.  
تفسیر: شاخص ساعت اندازه‌گیر عمود بر محور مبنای مشترک A-B قرار می‌گیرد. به هنگام دوران قطعه کار، حول محور مبنای مشترک A-B، انحراف لنگی طولی در هر سطح اندازه‌گیری عمود بر محور مبنا (طی یک دور چرخش کامل ۳۶۰) نباید بیشتر از 0.04 mm شود.  
منطقه تولرانس:  
منطقه تولرانس، دو دایره هم مرکز است که مرکز آن‌ها روی محور مبنا قرار گرفته است.

محور مبنای مشترک A-B (محور مشترک استوانه‌های 8 و 16)

سطح اندازه‌گیری

0.04



### تولرانس هندسی لنگی موضعی (محوری)

تولرانس هندسی لنگی موضعی (محوری) میزان لنگ بودن (اعوجاج) یک سطح از قطعه کار را نسبت به محور مبنا اندازه می‌گیرد. علامت تولرانس لنگی موضعی (محوری) همانند تولرانس لنگی مقطعی (شعاعی) به صورت است.

نقشه

در نقشه شکل مقابل برای کنترل قطعه، شاخص ساعت اندازه گیر، به موازات محور مبنا قرار می‌گیرد.  
نوع تولرانس: لنگی موضعی (محوری)  
مقدار تولرانس: 0.2  
مقدار تولرانس لنگی که در کادر تولرانس مشخص می‌شود، حداکثر مقدار مجاز حرکت ساعت اندازه‌گیر در روی قطعه کار رادر حالی که حول محور مبنا ۳۶۰ بچرخد، معین می‌کند.  
تفسیر: شاخص ساعت اندازه‌گیر موازی با محور مبنا قرار می‌گیرد. به هنگام دوران قطعه کار حول محور مبنای مشترک A-B، انحراف لنگی موضعی (محوری) در هر نقطه اندازه‌گیری (طی یک دور چرخش کامل ۳۶۰) نباید بیش تر از 0.2 شود.

منطقه تولرانس

0.2

محور مبنای مشترک A-B





### تولرانس هندسی لنگی کلی (شعاعی)

تولرانس هندسی لنگی کلی (شعاعی) علاوه بر لنگی کلی شعاعی، میزان گرد بودن، مستقیم بودن و استوانه ای بودن یک قطعه کار را در حالی که حول یک محور در حال گردش است، تعیین می کند. علامت تولرانس لنگی کلی (شعاعی) به صورت است.

ساعت اندازه گیر در حین دوران قطعه کار موازی محور مینا جا به جا می شود. علامت به مفهوم جابجایی وسیله اندازه گیری است.

نقشه

در نقشه شکل مقابل نوع تولرانس: لنگی کلی (شعاعی) مقدار تولرانس: 0,1

تفسیر: شاخص ساعت عمود بر محور مینا مشترک A-B قرار می گیرد. به هنگام دَوْران قطعه کار حول محور مرجع مشترک A-B و جابجه جایی محوری در طی یک دور چرخش کامل 360°، تمام نقاط سطوح قطعه باید در فضای بین دو دیواره استوانه توخالی به پهنای 0,1 mm قرار گیرند.

منطقه تولرانس: دو استوانه هم محور است که مرکز استوانه ها روی محور مینا قرار گرفته است. فاصله شعاعی بین استوانه ها برابر با مقدار تولرانس لنگی کلی (شعاعی) و به اندازه 0,1 mm است.

منطقه تولرانس

منطقه تولرانس



### تولرانس هندسی لنگی کلی (محوری)

تولرانس هندسی لنگی کلی (محوری) علاوه بر لنگی کلی محوری، تعامد سطح قطعه کار را در حالی که حول یک محور در حال گردش است، تعیین می کند. علامت تولرانس لنگی محوری همانند لنگی کلی شعاعی به صورت است.

برای کنترل قطعه، شاخص ساعت اندازه گیر، عمود بر محور مینا روی تمام سطح پیشانی قطعه حرکت می کند.

محور مینا A

نقشه

در نقشه شکل مقابل: نوع تولرانس: لنگی کلی (محوری) مقدار تولرانس: 0,1

تفسیر: به هنگام دَوْران حول محور مینا A و با جابه جایی در همه شعاع ها، تمام نقاط سطوح قطعه کار باید در بین دو صفحه موازی (به پهنای 0,1 mm) قرار گیرد.

منطقه تولرانس: دو صفحه موازی و عمود بر محور مینا است. فاصله بین این دو صفحه موازی با مقدار تولرانس لنگی کلی (محوری) برابر است.

منطقه تولرانس

منطقه تولرانس